

果実の組織細胞内に生成される物質の蓄積形態について (2) 西洋ナシ及びオウトウ果実における厚膜細胞の形成、発達について

渡 部 俊 三

(山形大学農学部果樹園芸学研究室)

(平成3年9月2日受理)

Studies on the Histogenesis of Producing Materials in Fruit Tissue Cells (2) Sclerenchymatous Cell Development of Pear and Cherry Fruits

Shunzo WATANABE

Laboratory of Pomology, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan

(Received September 2, 1991)

Summary

1. A thickening of the cell walls has been recognized for a portion of the pericarp cells of pear fruits in the period from about two weeks after petal fall. After a further two weeks, the 4-5 cells surrounding these stone cells also became sclerenchymatous, forming a scleride cluster.

2. Observations of the profile of pear fruit stone cells indicated that there are a number of pits in the cell walls. These wall thickened was formed by 30-40 layers of membraneous pieces.

3. In the case of cherry fruit, the endocarpal organization of fruit cells suddenly become sclerenchymatous about two weeks after petal fall. Observations of slices of the endocarp cells at this period reveal numerous pits on the cell walls. As the fruit continues to mature, these cell walls thicken centripetally and inwardly; eventually, the entire endocarpal organization hardens.

4. The sclerenchymatous cells that develop in the fruit of the pear fruit and cherry share the following in common. (a) For both, the cell wall thickening begins in normal years from May 18 to May 20. (b) A large number of pits appear on the cell walls. (c) The process of cell wall hardening (the process of lignification) is a centripetal one, from the inside of the cell walls.

I. 緒 言

日本ナシ、西洋ナシなど *Pyrus* 属植物の果皮、果肉組織内には石細胞とよばれる厚膜細胞(群)が多数形成されるが、とくに追熟軟化した果実を商品とする西洋ナシの場合、果肉組織内にこの石細胞の形成、発達が著しいと果実の品質評価が低くなり販売面で問題となる。

一方、オウトウ、モモなど *Prunus* 属植物の果実は、果実の発育途中に内果皮組織の細胞が厚膜化して核

(Stone) 組織を形成する。一般にこのように厚膜化して硬くなる時期を硬核期と呼ぶが、この時期に核果類果実の肥大生長は一時停滞することが知られている⁸⁾

このように果樹園芸で取りあつかう果実の組織内に生ずる厚膜細胞については、石細胞、核組織の厚膜細胞として個々に報告がなされているが、両者の形成過程や形態について比較検討した報告はみられない。

本報告は西洋ナシ及びオウトウ果実の成熟にともなう果皮、果肉組織の変化について形態的な観察をすすめる

過程において、とくに厚膜細胞の形態に限って取りまとめたものであり、これによって果実の熟期判定や生長過程の把握に役立つ形態的な特徴を見い出そうとしたものである。

II. 材料及び方法

幼果期から収穫期までの西洋ナシ（パートレット）、オウトウ（主に佐藤錦）の果実を用いた。1週間ごとに材料果実を採取し、F. A. A. で固定後、果皮、果肉及び核層組織をSEMを用いて観察した。観察用の材料はカミソリ刃でハンドセクションとするか、硬化した核層材料の場合はペンチによって切断し、その断面組織に金蒸着してSEMによって観察した。

III. 結果及び考察

1. 西洋ナシ果実の石細胞（厚膜細胞）

供試したパートレット果実の場合、終花2週間後位から中果皮組織の一部に、細胞壁がやや厚膜化した細胞が現れた（図版Ⅰ-A, B）が、この時期に見られたのは個々の細胞の細胞壁厚膜化で、複数細胞の集団厚膜化はまだ認められなかった。厚膜細胞が群塊状となるいわゆる石細胞群の形成は終花4週間後位からで、この頃には4～5個の隣接した厚膜細胞が塊状に発現し、石細胞群を形成した（図版Ⅰ-D, Ⅱ-A）。

形成されて間もない石細胞（厚膜細胞）は、細胞壁が他の果肉細胞より厚く、細胞壁面に不規則に配列された孔（pit）が見られた（図版Ⅰ-B, D）。このようなpitは、光学顕微鏡下では、その形状を明確に観察することが困難であった。一般に石細胞とよばれている厚膜細胞は形成後1～2週間経過すると細胞壁が多層となり、さらに厚さを増した（図版Ⅰ-C, D）。

細胞壁の厚さは、果実の生長にともないしだいに増大し、カミソリ刃による断面では構成膜片は多い所では約30～40層にも及んだ（図版Ⅱ-C, D）。また、石細胞間の連絡結合状態は、極めて密なものと、それほど密とは思えないものが認められた（図版Ⅰ, Ⅱ）。しかし、これらは、いずれもカミソリ刃による切断という、物理的に力を加えた試料（断面）であり、切断の際の物理的な力による分離もありうるものと考えられた。

石細胞は果実の生長にともない細胞の内側（求心的）方向に肥厚していくものと思われたが、そのため、初期に細胞壁面に認められた孔は、成熟期には壁層の中央部を貫通しているものが認められるようになった（図版Ⅲ

-A, C）。さらに、細胞壁の外側面を観察すると、図版Ⅲ-Bに示すように、やや突出開孔状態の孔が認められ、この孔部を通じて隣接細胞と何らかの（直接あるいは間接に）連絡が行われているのではないかと思われた。

石細胞は、果実の成熟期が近づくにつれて脆さを増し、カミソリ刃による切断で、やや崩壊しやすい状態になった（図版Ⅲ-C, D）。

2. オウトウ内果皮（核）組織の厚膜細胞

オウトウ果実の発育生理上重要視されている硬核現象は、内果皮組織を構成する細胞の厚膜化によるものであり⁹⁾、これについての光学顕微鏡による形態的な観察はすでに報告されている¹⁰⁾。

本研究ではSEMを用いオウトウ内果皮細胞の厚膜化の過程を形態的に観察し、西洋ナシにおける石細胞の厚膜化現象との比較を試みた。

オウトウ果実（幼果または花器の子房部分）を切断し、その断面を観察すると、中果皮（果肉）細胞と内果皮（核）細胞とのちがいは明瞭で、内果皮細胞は中果皮細胞よりやや小型の細胞として観察される（図版Ⅳ-A, B）。ところが、終花後2週間経過した頃に、内果皮細胞の方がやや大型に発育肥大し、同時に細胞壁が肥厚する厚膜化現象が認められた（図版Ⅳ-C）。このような状態は7～10日間続くものと思われたが、その後は中果皮細胞の肥大が内果皮細胞より勝るようになった（図版Ⅳ-D）。

すなわち、果実の直径の増加を測定した結果示されている核果期の肥大の停滞⁸⁾は、内果皮細胞の厚膜化開始の時期と一致していた。

内果皮細胞の厚膜化現象を切断（割断）面の形態的変化から観察した結果が図版Ⅴである。すなわち厚膜化直後は細胞内に内容物（サイトプラスト）が充填されていて、細胞壁面の観察が容易ではなかったが（図版Ⅴ-A）、サイトプラストの除去された細胞を選んで観察したところ、多数の孔が細胞壁に存在することが確認できた（図版Ⅴ-B）。

その後、内果皮細胞はしだいに硬化し、6月上旬頃にはカミソリ刃などでは切断できない位かたさを増した。そこで、ペンチにより核組織（内果皮組織）を割断し、その断面を観察した。その結果は図版Ⅴ-C, Dに示すとおりである。細胞壁の断面では多層状の物質集積が見られ、外側から内側にむけて集積層が増加しているように観察された。また、細胞壁に開孔している多数の孔は、内壁面ではやや陥没型であり外壁面ではやや突出型になっていた（図版Ⅴ-D）。なお、これら細胞壁に形成さ

れる孔隙は、細胞間の物質の移動などに関係が深いものと思われたが、切断面ではこれらについて十分確認することができなかった。

内果皮組織細胞を KOH に浸漬軟化させ、カミソリ刃で切断し、光学顕微鏡で観察した結果¹⁰⁾では、内果皮内側には細長い厚膜細胞が配列されていることが指摘さ

れているが、SEM による観察でも同様なことが認められ、これらの特殊な細胞の細胞壁にも多数の孔隙が、やや規則的に開孔していることが判明した(第1図上)。これとは反対側の果肉細胞(中果皮細胞)との境界部分にあたる核組織の表面には乾燥萎縮した果肉細胞片の付着が認められた(第1図下)。

以上、西洋ナシとオウトウ果実に形成される厚膜細胞(石細胞)の形成、発達過程について SEM を用いて行った観察結果について述べた。この二つの異なった果実に形成される厚膜細胞は、西洋ナシでは中果皮組織内に群塊をなして点在すること、そして一方のオウトウでは内果皮組織細胞の全体がいっせいに厚膜化することで相違するものの、次の諸点では極めて類似するものと考えられた。

a. 細胞壁の厚膜化開始時期。

西洋ナシ、オウトウとも、5月18日頃から5月20日頃に最初の厚膜化が見られること。

b. 細胞壁に存在する多数の孔隙(pit)が明瞭に観察されたこと。オウトウでは孔数がやや多かったが、いずれも壁層を貫いて孔隙が存在した。

c. 細胞壁の肥厚の仕方。

いずれも層状に肥厚(物質の集積)が見られ、層積の仕方は、外側から内側へ向けて(求心的に)増加するものと見られた。

このようにいくつかの類似点が認められたが、オウトウでは果実の成熟にともない内果皮組織は一層硬化したが、西洋ナシでは、カミソリ刃による切断も可能で、未熟果よりも成熟果に発育が進むにつれて、切断の際、厚膜層(細胞壁)は崩れやすくなる傾向がみられた。

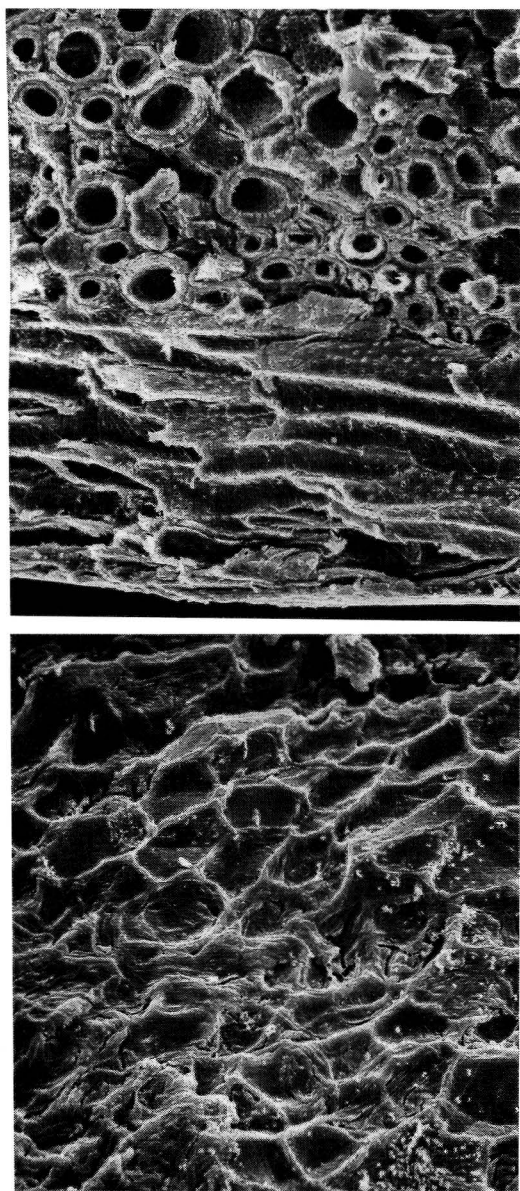
このような相違は、リグニンなどの集積パターンのがいや、成熟にともない果実組織内に生成される酵素の働きいかんによるものとも考えられたが、詳細は不明である。

IV. 摘 要

1. 西洋ナシの果肉柔細胞の一部には、終花2週間後頃から細胞壁が厚膜化する現象が認められた。これらの石細胞は、その後2週間位経過すると、隣接する4~5個の細胞が同じように厚膜化して石細胞群を形成した。

2. 西洋ナシの石細胞の断面観察の結果、細胞壁には孔(pit)がいくつか認められ、細胞壁(厚膜層)は30~40層の膜片から構成されていた。

3. オウトウ果実では内果皮組織の細胞が、終花後約



第1図 オウトウ内果皮内側の細長い厚膜細胞(上)と、核組織表面の形態(下)。

2週間経過した頃からいっせいに細胞壁が厚膜化する現象が見られた。この時期の内果皮細胞を切断して観察すると、細胞壁に多数の孔 (pit) が認められた。この細胞壁は果実の生長がすすむにつれて内側にむけて求心的に肥厚し、終には内果皮組織全体が硬化した。

4. 西洋ナシ及びオウトウ果実に生ずる厚膜細胞は、次の点で共通点がみられた。a. 細胞壁の厚膜化は両者とも例年5月18日頃から20日頃にかけて開始される。b. 細胞壁には多数の孔 (pit) が存在する。c. 細胞壁の肥厚の仕方 (リグニンなどの集積の仕方) が、細胞壁の内側に向けて求心的である。

文 献

- 1) BLARICOM, L. O. V. and J. A. BRITTAN (1961) : The quantity and size distribution of stone cell particels in pear varieties. Amer. Soc. Hort. Sci. **78** : 59-64.
- 2) CRIST, J. W. and L. P. BATJER (1931) : The stone cells of pear fruits, especially the Kieffer pear. Agr. Ext. Sta. Michigan Bull. **13** : 1-54.
- 3) 川俣恵利 (1982) : ニホンナシ果実の厚化障害に関する研究. 東京都農試研究報告. **15** : 1-185.
- 4) 町田 裕 (1965) : ナシの肉質に関する研究. I. パートレットかん詰製品における肉質の産地間差異 (第1報) 石細胞群密度. 園試報告 A (平塚). **4** : 97-105.
- 5) STARITSKY, G. (1970) : The morphogenesis of the inflorescence, flower and fruit of *Pyrus nivaris* JACQUIN var. *Orientalis* TERPO. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen : 70-75.
- 6) STERLING, G. (1953) : Developmental anatomy of the fruit of *Prunus domestica* L. Bull. Torrey Bot. Club. **80** (6) : 457-477.
- 7) STERLING, G. (1954) : Sclereid development and the texture of Bartlett pears. Food Res. **19** (4) : 433-443.
- 8) 鈴木寅雄ほか (1967) : 桜桃の生理的落果に関する研究 山形農試特別報告. **10** : 1-85.
- 9) TUKEY, H. B. and J. O. YOUNG (1938) : Histological study of the developing fruit of the sour cherry. Bot. Gaz. **100** : 723-749.
- 10) WATANABE, S. and I. IZUKA (1976) : Histology of sweet cherry, *Prunus avium* L. with special emphasis on the endocarp development. Bull. of Yamagata Univ. **7** (3) : 63-69.
- 11) 渡部俊三・大隅玄江・井沢紋庸 (1990) : 果実の組織細胞内に生成される物質の蓄積形態について (1) リンゴ及び西洋ナシ果実デンプン粒の消長に関する走査型電子顕微鏡観察. 山形農林学会報. **47** : 1-11.

図版説明

図版Ⅰ．形成初期の石細胞（パートレット）

- A：下皮細胞に近い果肉柔細胞の一部に形成されはじめた石細胞（矢印）．5月13日．×650
- B：形成初期の石細胞．細胞壁の厚さが他の果肉細胞より厚く，壁面に不規則な孔が点在する．5月13日．×2,000
- C：細胞壁がやや肥厚してきた石細胞．5月20日．×2,000
- D：石細胞は単独では形成されず，最初から複数の細胞が群塊をなして形成され，しだいにその周辺にも増えてゆく．最初に形成された石細胞（上）と，それに隣接して形成されつつある新しい石細胞（下）．5月29日．×650

図版Ⅱ．石細胞群の形成と細胞壁の多層化

- A：数10個の石細胞が一团となって形成した石細胞群の断面．6月10日．×650
- B：石細胞間の連結状態．極めて密接に連結しているように見えるものと，そうでないものが認められる．6月25日．×1,000
- C，D：石細胞の細胞壁の多層化．約30～40層の層状集積が認められた．C：7月1日，D：8月10日．×4,000

図版Ⅲ．果実の成熟にともなう（細胞壁及び孔の）形態的变化

- A：石細胞壁の肥厚とその断面にみられる孔の形態．8月15日．×2,500
- B：石細胞の表面（外壁面）に開孔している孔の形態．8月15日．×2,000
- C：崩壊のはじまった石細胞の細胞壁．8月20日．×2,000
- D：カミソリ刃による切断で崩壊した石細胞（細胞壁）．8月25日．×1,000

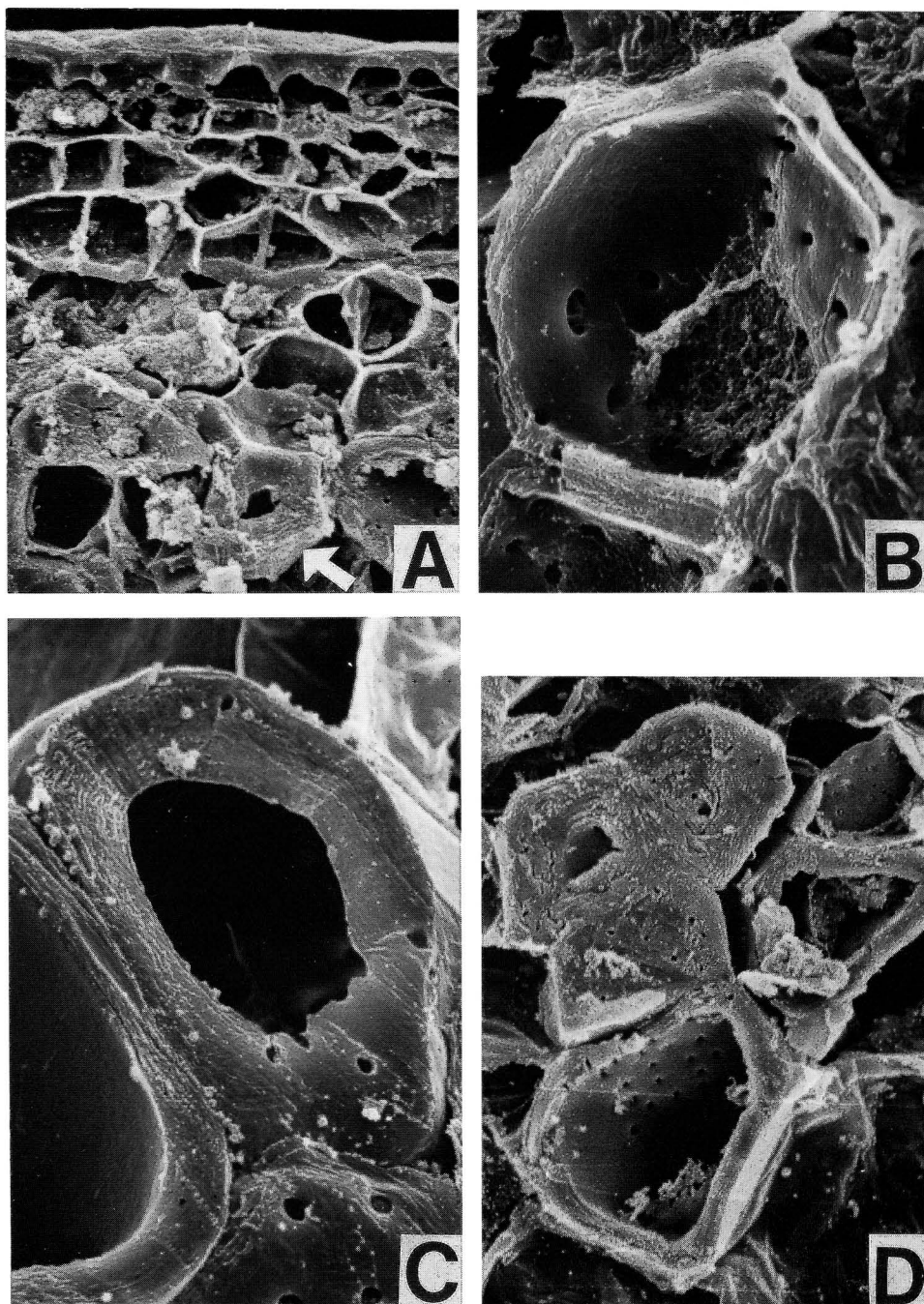
図版Ⅳ．内果皮細胞の厚膜化と硬核現象

- A：実止まり直後の果肉（中果皮），核（内果皮）組織の横断面．
- B：中果皮組織（上）と内果皮組織（下）の細胞形態のちがい．5月12日．佐藤錦．×100
- C：厚膜化が顕著となり，いわゆる硬核期に入ろうとしている内果皮組織の細胞（下）．佐藤錦．×200
- D：硬核現象が進み，中果皮（果肉）組織の細胞とは形態的に異なる状態となった内果皮（核）組織．高砂．5月22日．×250

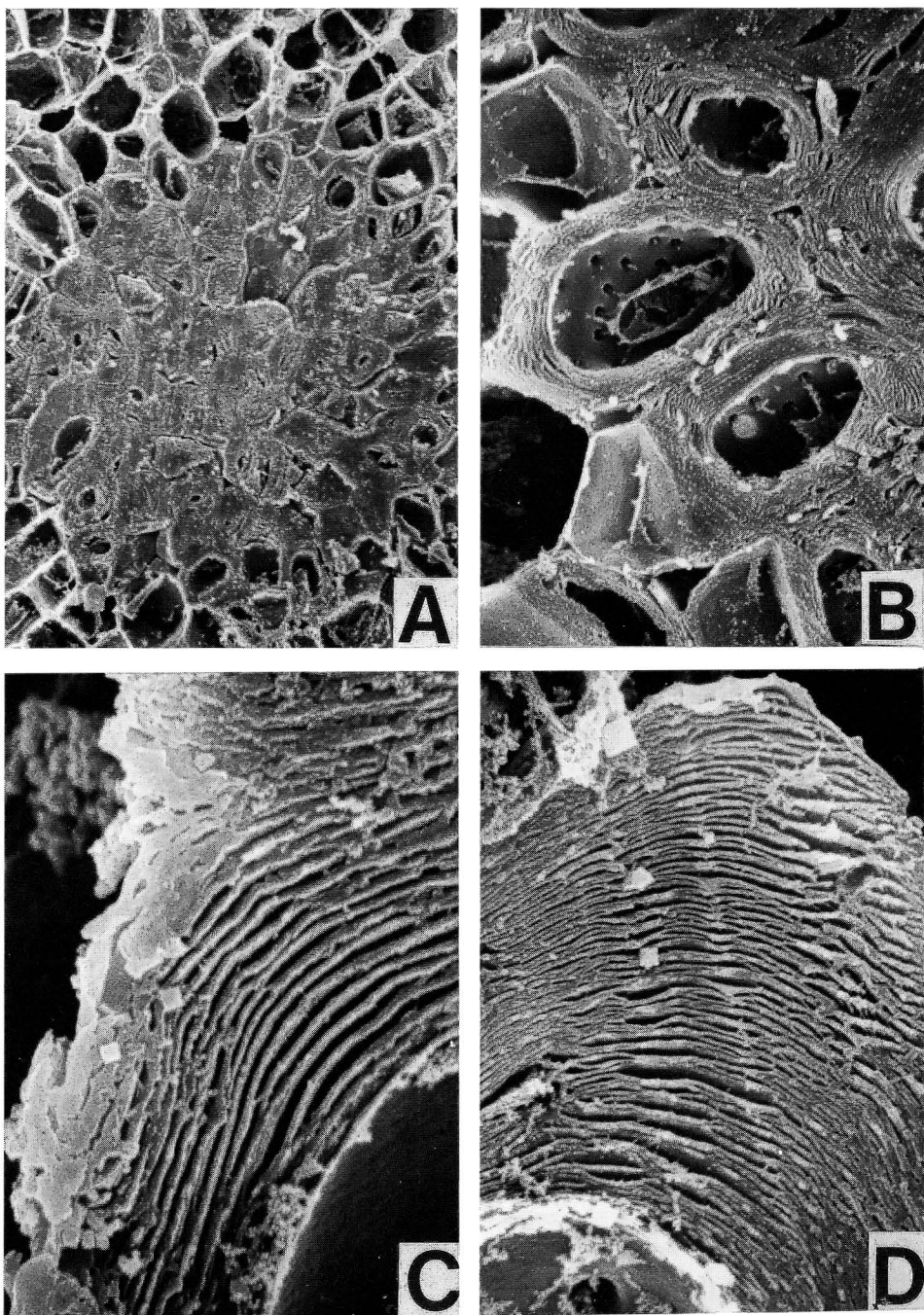
図版Ⅴ．果実の成熟にともなう核（内果皮）組織細胞の形態的变化

- A：細胞壁の厚膜化が進み，壁面に多数の孔の点在する細胞が認められた．しかし，その他の細胞は内容物（サイトプラスト）が細胞内に存在し，壁面の孔は確認できなかった．佐藤錦．5月18日．×500
- B：壁面に多数の孔が認められる核組織の細胞と，隣接する中果皮細胞（上）．高砂．5月18日．×500
- C：カミソリ刃などで簡単に切断できない位硬度を増した核組織の切断面．細胞壁は多層になり，内壁面は陥没型，外壁面は突出型の孔の点在が認められるようになる．佐藤錦．6月11日．×500
- D：さらに硬化が進み，石のように硬くなった核組織の切断面．細胞内には内容物がほとんど認められない．高砂．6月16日．×500

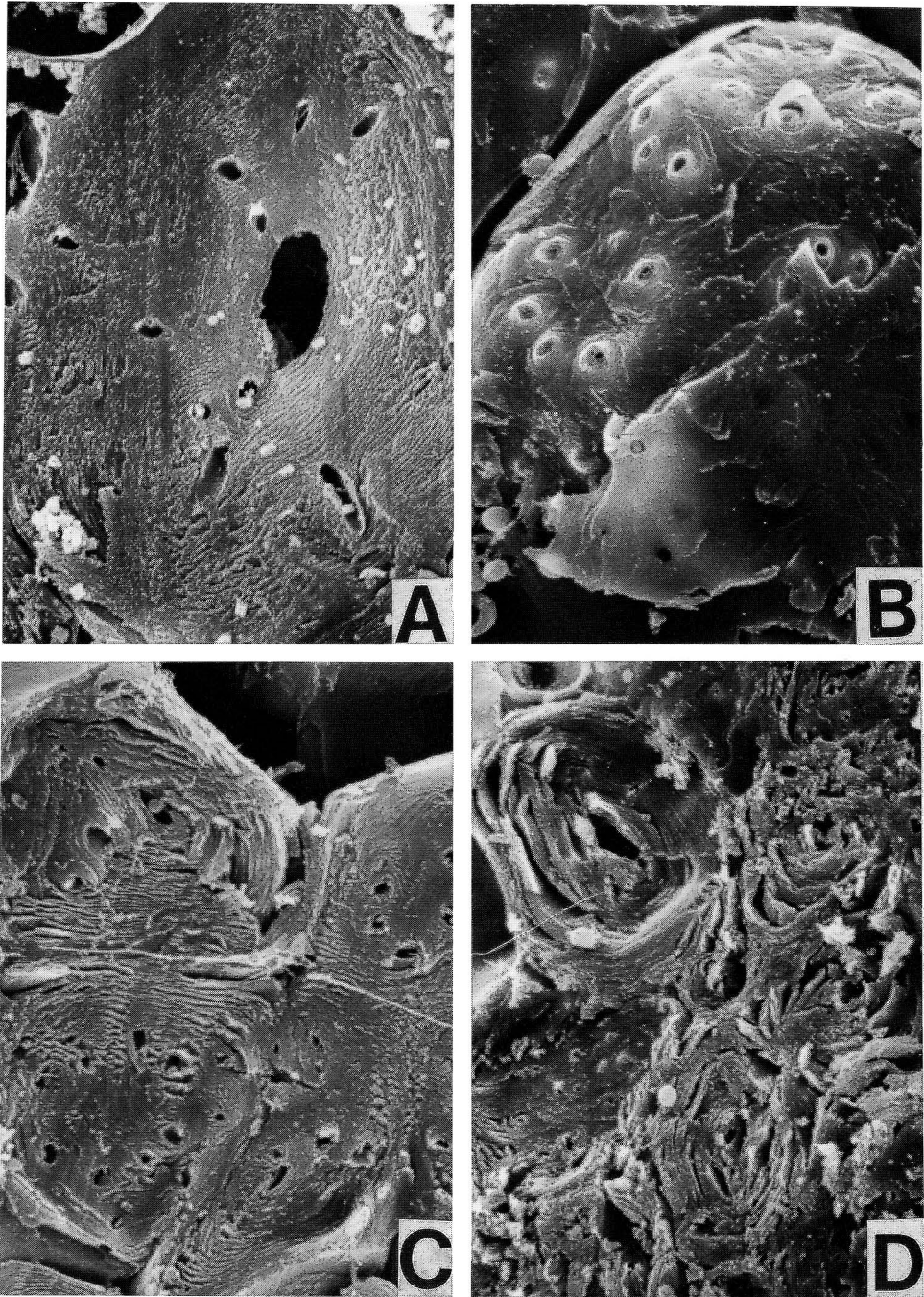
図版 I



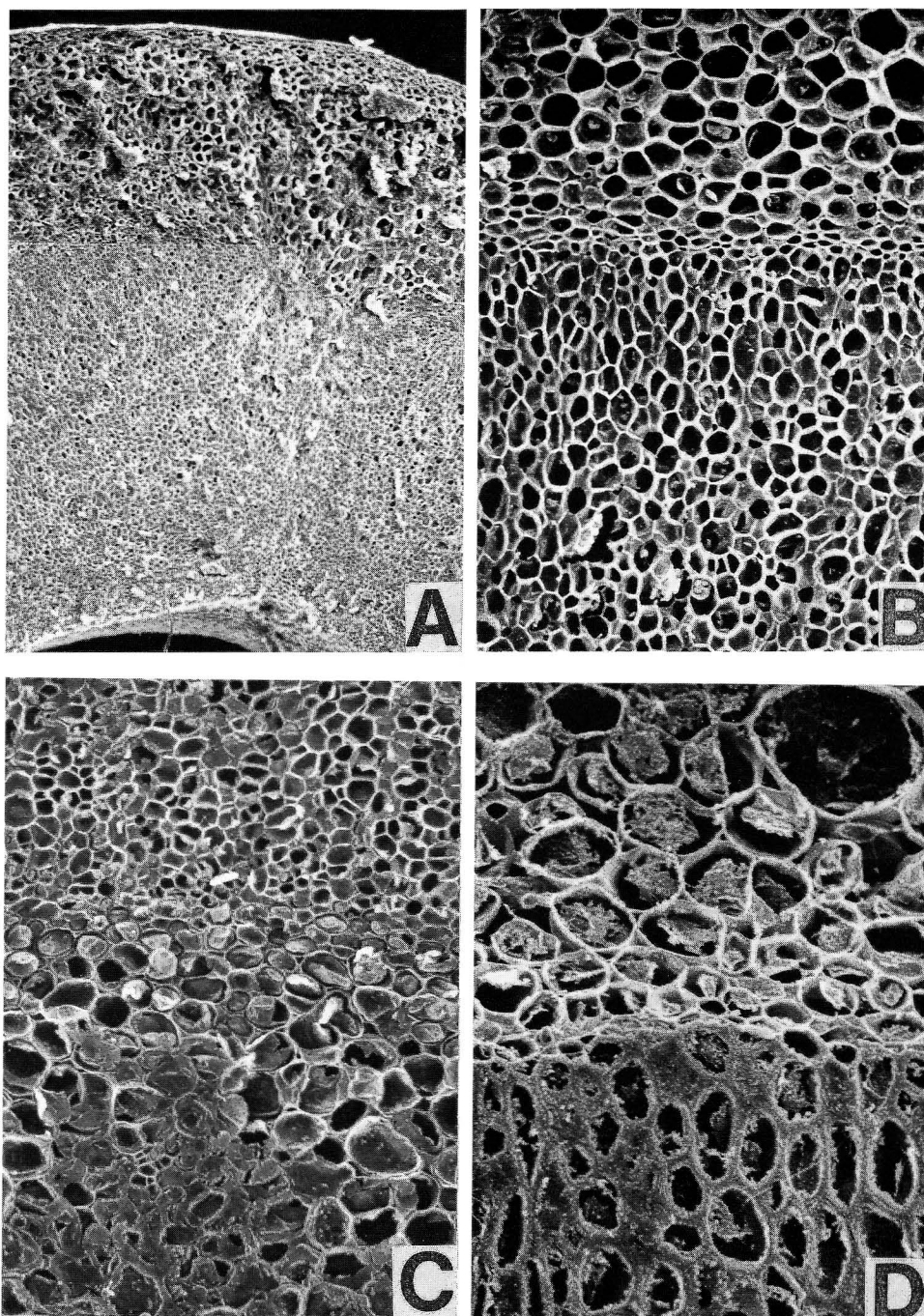
図版Ⅱ



図版Ⅲ



図版 IV



図版 V

